

JURNAL TEKNO

Volume 24

Nomor 2

September 2015

ISSN 1693 - 8739

TEKNO

JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO DAN KEJURUAN

TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS NEGERI MALANG

TEKNO

JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO DAN KEJURUAN

KETUA PENYUNTING

Tri Atmaji Sutikno

WAKIL KETUA PENYUNTING

Setiadi Cahyono Putro

PENYUNTING PELAKSANA

Muladi

Siti Sendari

Aji Prasetya Wibawa

PENYUNTING AHLI

Amat Mukhadis (Universitas Negeri Malang)

Achmad Sonhadji (Universitas Negeri Malang)

Paryono (Universitas Negeri Malang)

M. Isnaeni (Universitas Gadjah Mada)

Soeharto (Universitas Negeri Yogyakarta)

Sumarto (Universitas Pendidikan Indonesia Bandung)

Budiono Ismail (Universitas Brawijaya)

Oscar Mangisengi (Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya)

TATA USAHA

Triyanna Widiyaningtyas

Utomo Pujiyanto

ALAMAT REDAKSI : Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang. Jawa Timur, Telp. 0341 - 551312 psw 304, 0341 - 7044470, Fax : 0341 - 559581 E-mail: tekno.journal@um.ac.id

Jurnal Ilmiah **TEKNO** diterbitkan oleh Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang, Terbit pertama kali pada tahun 2004 dengan judul **TEKNO**

Jurnal Ilmiah **TEKNO** diterbitkan dua kali dalam setahun, yaitu pada bulan Maret dan September. Redaksi menerima artikel hasil penelitian atau analisis konseptual. Redaksi sepenuhnya berhak menentukan suatu artikel layak/tidak dimuat. Dan berhak memperbaiki tulisan selama tidak merubah isi dan maksud tulisan. Naskah yang tidak dimuat tidak dikembalikan dan setiap artikel yang dimuat akan dikenai biaya cetak.

Jurnal Ilmiah **TEKNO** diterbitkan di bawah pembinaan Tim Pengembangan Jurnal Universitas Negeri Malang. **Pembina** : AH.Rofi'uddin (Rektor). **Penanggung Jawab** : Wakil Rektor I, Ketua : Ali Saukah. **Anggota** : Suhadi Ibnu. Amat Mukhadis. Mulyadi Guntur Waseno. Margono Staf Teknis: Aminarti S. Wahyuni, Ma'arif. **Pembantu Teknis** : Stefanus Sih Husada. Sukarto Akhmad Munir.

TEKNO

JURNAL TEKNOLOGI ELEKTRO DAN KEJURUAN

Daftar Isi

<i>Rr. Henning Gratyanis A Setiadi Cahyono Putro Yuni Rahmawati</i>	Studi Pemahaman Karier dan Relevansi Praktikum Terhadap Kesiapan Kerja Pada Siswa Smk	1 – 8
<i>Robi Andria Suwasono Siti Sendari</i>	Pengembangan Media Trainer Kit Mobile Robot Quadcopter Pada Mata Kuliah Robotika Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang	9–14
<i>Larensi Mahligai Mustika Hakkun Elmunsyah Muladi</i>	Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis <i>Content Management System</i> (Cms) Yang Diinteraksikan Dengan Media Sosial Pada Mata Pelajaran Produktif TKJ Kelas X SMKN 1 Pungging, Mojokerto	15 –22
<i>Luqman Assaffat Kusworo Adi Achmad Widodo</i>	Support Vector Machine Untuk Prakiraan Beban Listrik Harian Pada Sektor Industri	21 – 28
<i>Dita Larasati Bimo Setyo Yuusufa Kartika Candra Kirana</i>	Sistem Pendukung Keputusan Produksi Berbasis <i>Fuzzy</i> Pada Sistem Informasi Jual Beli Mobil Bekas	29 – 36
<i>Fauzi Sri Agung Hari Putranto</i>	Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis Labview Menggunakan Metode PID Logic	37 –44
<i>Binti Rosyidah Triyanna Widiyaningtyas Heru Wahyu Herwanto</i>	Membangun Kerjasama Sekolah Menengah Kejuruan dan Industri untuk Keterseuaian Kompetensi Lulusan	45 – 50
<i>Amirna Kuswantiya Sujono</i>	Perbedaan Motivasi dan Hasil Belajar Pada Kompetensi Rangkaian Transien Menggunakan Model Pembelajaran Berbasis Masalah (Pbm) Dengan <i>Student Teams Achievement Division</i> (Stad) Pada Siswa Kelas X Jurusan Tiplt Di Smk Negeri 6 Malang	51 – 59
<i>Didik Dwi Prasetya</i>	Kesiapan Pembelajaran Berbasis Buku Digital	60 – 64
<i>Arga Tri Agung H Puger Honggowiyono</i>	Pengembangan Bahan Ajar Konverter Boost Pada Mata kuliah Praktikum Elektronika Daya di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang	65 – 70

Pengantar Redaksi

TEKNO....

Puji Syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, bahwa Jurnal TEKNO Jurnal Teknologi Elektro dan Kejuruan edisi Volume 24 Nomor 2, September 2015 telah terbit sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

TEKNO adalah sebuah Jurnal Ilmiah yang diterbitkan oleh Teknik Elektro Universitas Negeri Malang. Jurnal ini merupakan salah satu media bagi para insan intelektual untuk mempublikasikan hasil penelitian ataupun konseptual pada bidang elektro dan kejuruan.

Dengan adanya media Jurnal Ilmiah TEKNO yang terbit secara berkala, diharapkan semakin menumbuhkan budaya menulis di kalangan civitas akademika dan membuat suasana akademis semakin berkembang, baik dalam pengajaran ataupun penelitian.

Ada 10 artikel yang terpilih dan dimuat pada edisi ini meliputi bidang Instrumentasi, Kendali, Sistem Radar, Sistem Tenaga dan Informatika. Kami ucapkan terima kasih kepada para pengirim artikel pada umumnya, dan ucapan selamat kepada pengirim artikel yang dimuat pada edisi ini.

Segala usaha terus-menerus dilakukan, baik aspek substansi maupun tampilan. Mudah-mudahan semua upaya yang dilakukan mampu meningkatkan kualitas Jurnal TEKNO secara bertahap, sesuai dengan rambu-rambu akreditasi jurnal nasional, dan sebagai media ilmiah bidang teknologi elektro dan kejuruan yang efektif dan efisien di Indonesia.

Walaupun kami telah berupaya secara maksimal disadari kekurangan mungkin masih terjadi. Oleh karena itu, apabila ada saran atau masukan perbaikan dari pembaca demi peningkatan kualitas jurnal ini sangat diharapkan. Atas segala saran dan masukan perbaikan kami ucapkan terima kasih.

Malang, September 2015
Redaksi

KENDALI KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS LABVIEW MENGGUANAKAN METODE PID LOGIC

Fauzi Sri Agung, Hari Putranto

Abstrak: Pada trainer ini dibuat sebuah rancang bangun sistem PID Logic dengan menerapkan fungsinya, yaitu sebagai pengendali kecepatan Motor DC. Dalam trainer ini digunakan NI-DAQ USB 6008 sebagai pembentuk komponen Master dan Slave. Komunikasi antara Master dan Slave menggunakan komunikasi serial RS485. Sistem trainer menggunakan sistem kontrol close loop. Pengujian alat dilakukan dengan cara menguji tiap blok komponen dan pengujian sistem keseluruhan. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa rangkaian non inverting op-amp, PWM Analog, Driver Motor DC Half Bridge, dan Rotary Encoder dapat berjalan dengan baik, serta power supply yang dapat mengeluarkan ± 12 VDC dan 5 VDC. Plan yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan prinsip kerja yang dirancang. Dengan demikian Trainer Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis LabView Menggunakan Metode PID Logic yang dibuat dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan.

Kata kunci: Trainer, PID Logic, LabView, NI-DAQ USB 6008, Motor DC

NI-DAQ USB 6008 adalah salah satu perangkat pengolah data digital to analog dan analog to digital yang diproduksi oleh Nasional Instrument. Cara penggunaannya dan pemograman terbilang cukup mudah dikarenakan berbasis grafis. Software yang digunakan adalah LabView yang juga dikeluarkan oleh National Instrument. Alat ini juga bisa digunakan untuk mengontrol PLC, Mikrokontroler dan Arduino.

Sistem kontrol telah memegang peranan sangat penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi. Pesawat ruang angkasa, peluru kendali, sistem pengendalian pesawat memerlukan sistem kontrol yang handal. Sebagai contoh, sistem kontrol sangat diperlukan dalam operasi operasi industri untuk mengatur tekanan, temperature, kelembaman dan aliran dalam proses. (Ermaul Azizul Hakim 1:2012)

Kebutuhan alat pengendali kecepatan motor listrik yang efektif dan efisien pada saat ini dan pada masa mendatang akan terus meningkat. Maka dari itu diperlukan sistem kendali yang dapat dikendalikan

melalui perangkat komputer, sehingga dapat dimonitoring secara real time dengan penampilan data yang lebih akurat dan presisi.

Kendali kecepatan digunakan untuk menentukan seberapa cepat dan lambat putaran mesin listrik. Saat melakukan kendali kecepatan putar pasti akan mengalami masalah pada keluaran sinyal perintah keluaran. Kesalahan sinyal saat dalam pengendalian kecepatan motor listrik biasanya dalam putaran yang melebihi atau kurang dari set poin yang diinginkan.

Oleh karena itu sistem *control close loop* merupakan suatu sistem kontrol yang mempunyai pengaruh dalam hasil keluaran dan memiliki umpan balik (*feedback*) bila terjadi tidak kesesuaian dari nilai set point dengan hasil keluaran. Inti dari *control close loop* adalah memperkecil kesalahan hasil keluaran sistem, dari membandingkan suatu nilai set point dengan hasil keluaran sistem sebagai sistem umpan balik (*feedback*).

Salah satu jenis sistem *kendali close loop* yang banyak digunakan saat ini adalah kendali PID (*Propositional Integral*

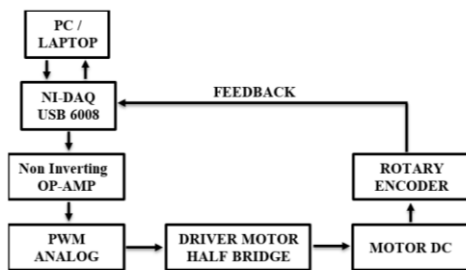
Derivative) karena kendali ini sederhana dan relatif mudah dalam pengaplikasiannya. Beberapa contoh kendali yang umumnya diwujudkan untuk kendali motor listrik, temperature, dan level ketinggian tanki penampungan.

Tujuan umum dari rancang bangun pembuatan Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis LabView Menggunakan Metode PID Logic adalah:

1. Merancang rangkaian kendali Kecepatan Motor DC menggunakan metode PID Logic
2. Merancang program kendali Kecepatan Motor DC menggunakan metode PID Logic
3. Mengaplikasikan LabView terhadap kendali Motor DC

METODE

Diagram Blok



Gambar 1. Diagram Blok

Prinsip kerja rangkaian ini adalah sebagai berikut: tegangan PLN 220 volt AC terhubung pada input *variable speed drive* dan outputnya terhubung pada *input overload relay*. Output overload relay terhubung pada motor tiga fasa. Motor tersebut *tercouple* dengan generator sinkron tiga fasa. Untuk memberi penguatan tegangan pada generator diberi eksitasi yang berasal dari regulator yang bersumber arus PLN 220 volt AC. Keluaran regulator ini masih bersifat AC sedangkan tegangan eksitasi adalah tegangan DC, sehingga disearahkan dengan kiprok. Tegangan output generator sinkron tiga fasa dihu-

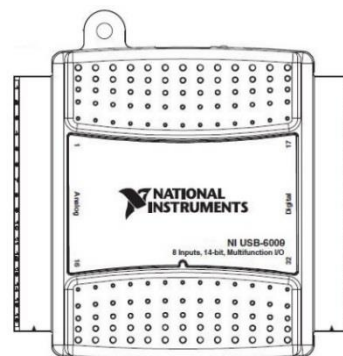
bungkan dengan sensor tegangan lalu dihubungkan dengan analog input NI-USB 6008 sehingga dapat dimonitoring pada laptop dengan perangkat lunak bernama LabVIEW. Analog output dari NI-USB 6008 diberi penguatan dua kali untuk disambungkan pada analog input *variable speed drive*, sehingga dapat dikontrol pada laptop dengan perangkat lunak bernama LabView.

Keluaran generator berupa GGL tiga fasa dihubungkan pada masukan sensor tegangan lalu keluaran sensor tegangan dihubungkan pada *analog input* NI-USB 6008 yang kemudian akan dimonitoring pada program *Labview*.

NI-DAQ USB 6008

Dibutuhkan 1 buah NI-DAQ USB 6008 sebagai *hardware* sistem pengontrol dan monitoring dengan spesifikasi sebagai berikut :

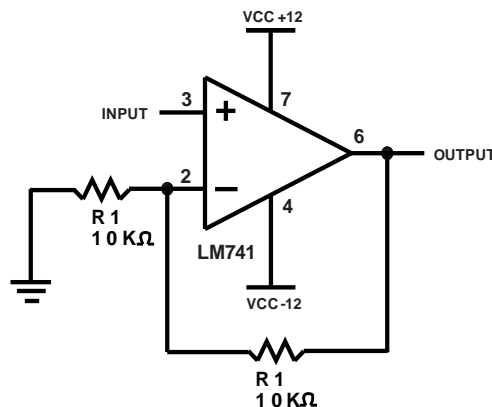
- a. Merek : National Instrument
- b. Tipe : 6008
- c. Analog Input : 8 SE/4 DI
- d. Input Range (V) : ± 1 to ± 10
- e. Input Resolutions (bits) : 12
- f. Max Sampling Rate (kS/s) : 10
- g. Analog Outputs : 2
- h. Output Resolutions (bits) : 12
- i. Output Rate (Hz) : 150
- j. Output Range (V) : 0 to 5
- k. Digital I/O Lines : 12
- l. 32-Bit Counter : 1
- m. Trigger : Digital
- n. Bus : USB



Gambar 2. NI-DAQ USB 6008

OP-AMP Non Inverting

Power amplifier berfungsi menguatkan tegangan keluaran dari NI-USB 6008 0-5 Volt DC menjadi 0-10 Volt DC untuk mengontrol lebar pulsa PWM Ana-log. Spesifikasi rangkaian: (a) Tegangan input : 0 – 5Vdc, (b) Tegangan output : 0 – 10Vdc, (c) Penguatan Tegangan : 2 x Berdasarkan persamaan $A = 1 + \frac{R1}{R2}$ untuk penguatan dua kali sehingga $2 = 1 + \frac{R1}{R2}$, maka diperoleh $R1 = R2$ nilai resistor yang sama. Dipilih $R1=R2=10k\Omega \pm 5\%$ -0,5W Carbon-film resistor. IC Op-Amp dipilih yang dapat dicatu tunggal yaitu tipe LM741. Tegangan catu $V_{cc}=\pm 12$ Vdc.



Gambar 3. Rangkaian Op-Amp

PWM Analog

PWM Analog digunakan untuk mengontrol Driver Motor DC Half Bridge, dengan spesifikasi :

Pengaturan tegangan DC untuk Schmitt Trigger dan Integrator

$$\begin{aligned} V_{DC} &= \frac{R2}{R1} + R2(V_{cc}) \\ &= \frac{10K}{10K} + 10K(12V) \\ &= 0,5 \times 12V = 6V \end{aligned}$$

- a. Besarnya tegangan jatuh diantara kapasitor masing-masing didapatkan:

$$V_{C,max} = V_{DC} \left(\frac{R3}{R4} \right) = 6 \left(\frac{10K}{10K} \right) = 6V$$

$$\begin{aligned} V_{C,min} &= (V_{DC} - V_{CC}) \left(\frac{R3}{R4} \right) \\ &= (6 - 12) \left(\frac{10K}{10K} \right) = -6V \end{aligned}$$

- b. Tegangan keluaran maksimum dan minimum pada keluaran penguat operasional blok integrator adalah:

$$V_{O,max} = V_{DC} + V_{C,max} = 6 + 6 = 12V$$

$$\begin{aligned} V_{O,min} &= V_{DC} - V_{C,min} \\ &= 6 - 6 = 0V \end{aligned}$$

- c. Waktu pengisian dan pengosongan adalah:

$$\begin{aligned} T_C &= \left(\frac{V_{C,max} - V_{C,min}}{V_{DC}} \right) RC \\ &= \left(\frac{6 - (-6)}{6} \right) (10 \times 10^3)(10 \times 10^{-9}) \\ &= 200\mu S \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_D &= \left(\frac{V_{C,max} - V_{C,min}}{V_{O,max} - V_{DC}} \right) RC \\ &= \left(\frac{6 - (-6)}{12 - 6} \right) (10 \times 10^3)(10 \times 10^{-9}) \\ &= 200\mu S \end{aligned}$$

- d. Periode waktu dan frekuensi adalah:

$$\begin{aligned} T &= T_C + T_D = 200\mu S + 200\mu S \\ &= 400\mu S \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{400\mu S} = \frac{1000000}{400} = 2500Hz \\ &= 2,5Hz \end{aligned}$$

Bila $t \Rightarrow t_1$, $V_{OB(t_1)} \Rightarrow V_{REF} = 6V$, dan tegangan keluaran hasil komparatif menjadi mendekati sama dengan V_B . Dengan demikian didapatkan nilai untuk t_1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_1 &= \left(\frac{V_{ref} - V_{O,min}}{V_{O,max} - V_{O,min}} \right) T_C \\ &= \left(\frac{6 - 0}{12 - 0} \right) 200\mu S \\ &= 0,5 \times 200\mu S = 100\mu S \end{aligned}$$

Persamaan untuk menentukan waktu perioda pengosongan adalah:

$$V_O(t) = V_{O\max} - \frac{V_{O\max} - V_{O\min}}{T_D}(t)$$

Tegangan acuan telah dipindahkan ke titik pada saat awal kapasitor mulai perioda pengosongan. Bila $t \Rightarrow t_2$, $V_{O(t_2)} \Rightarrow V_{REF} = 6V$, dan tegangan keluaran hasil komparatif menjadi mendekati nol. Persamaan selama waktu untuk t_2 adalah

$$\begin{aligned} T_2 &= \left(\frac{V_{ref} - V_{O\max}}{V_{O\min} - V_{O\max}} \right) T_D \\ &= \left(\frac{6 - 12}{0 - 12} \right) 200\mu S \\ &= 0,5 \times 200\mu S = 100\mu S \end{aligned}$$

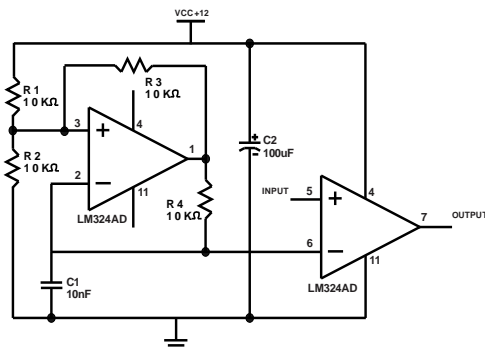
- e. Waktu hidup dan mati tegangan keluaran penguat operasional C adalah:

$$\begin{aligned} T_{ON} &= T_C - T_1 + T_2 \\ &= 200\mu S - 100\mu S \\ &\quad + 100\mu S = 200\mu S \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{ON} &= T - T_{ON} = 400\mu S - 200\mu S \\ &= 200\mu S \end{aligned}$$

- f. Duty cycle (ratio) adalah:

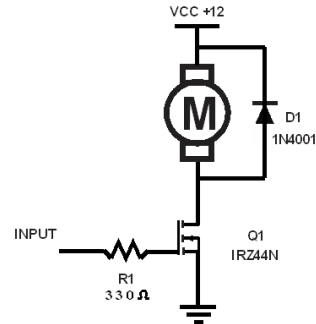
$$D = \frac{T_{ON}}{T} = \frac{200\mu S}{400\mu S} = 0,5 \text{ atau } 50\%$$



Gambar 4. Rangkaian PWM Analog

Driver Motor DC Half Bridge

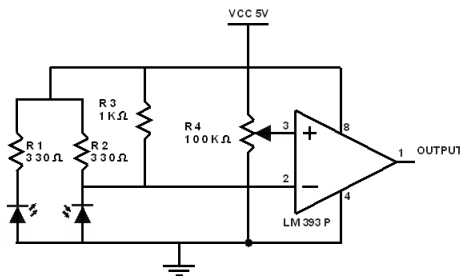
Driver Motor DC Half Bridge digunakan untuk mengatur suplai tegangan ke motor DC.



Gambar 5. Rangkaian Driver Motor DC Half Bridge

Rotary Encoder

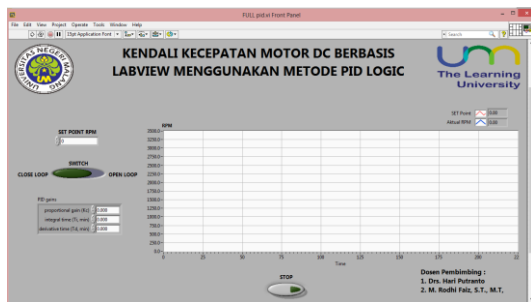
Rotary Encoder digunakan untuk membaca kecepatan Motor DC, dengan spesifikasi : Logika 1 = 5V dan Logika 0 = 0V.



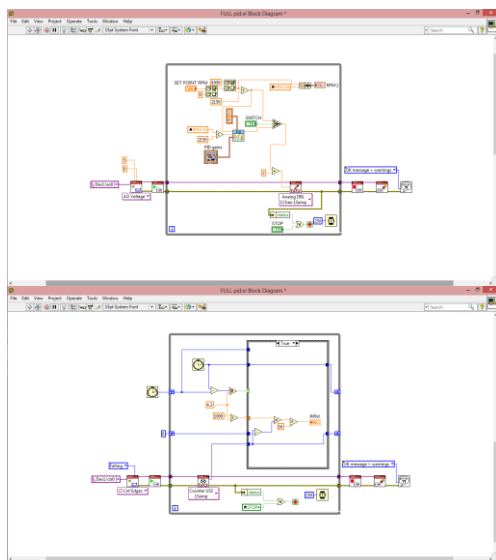
Gambar 6. Rangkaian Driver Motor DC Half Bridge

Perancangan Software

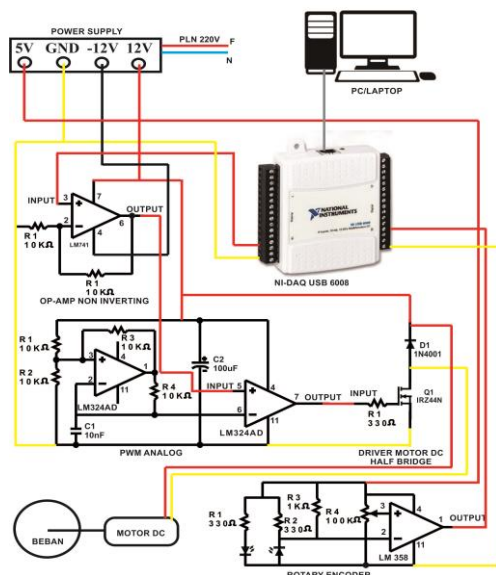
Pembuatan *software* untuk Trainer Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis LabView Menggunakan Metode PID Logic. Untuk bagian tampilan luarnya dinamakan *front panel* sedangkan untuk logika programnya dinamakan *block diagram*. Berikut ini adalah *block diagram* dan *front panelnya*.



Gambar 7. Front Panel



Gambar 8. Block Diagram Pengawatan



Gambar 9. Rangkaian Pengawatan Keseluruhan Alat

Langkah-langkah Membuat Trainer Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis LabView Menggunakan Metode PID Logic

Untuk membuat Trainer Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis LabView Menggunakan Metode PID Logic adalah sebagai berikut:

1. Membuat rangkaian *OP-AMP non inverting* dengan penguatan dua kali seperti pada Gambar 3.
2. Membuat rangkaian PWM Analog seperti Gambar 4.
3. Membuat rangkaian Driver Motor DC seperti Gambar 5.
4. Membuat rangkaian Rotary Encoder seperti Gambar 6.
5. Menyiapkan Motor DC
6. Menyiapkan NI-DAQ USB 6008
7. Menyiapkan personal computer (PC) atau laptop yang sudah tersedia *software* LabView.
8. Membuat *block diagram* dan *front panel* pada LabView seperti Gambar 7 dan Gambar 8.
9. Menyambung seluruh komponen seperti Gambar 9.

HASIL

Pengujian Generator Sinkron Tiga Fasa Beban Nol

1. Tujuan Pengujian

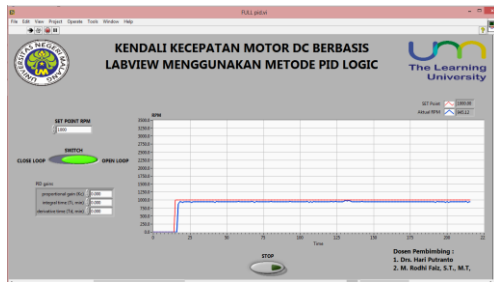
Untuk menguji kinerja hardware dan Software bekerja dengan baik.

2. Langkah Pengujian

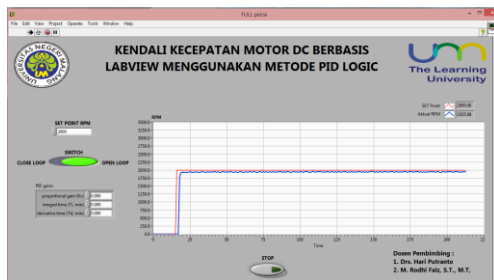
Langkah yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan alat dan bahan
- b. Membuat hardware dan software
- c. Rangkai hardware seperti Gambar 8 dan Software seperti Gambar 6 dan Gambar 7.
- d. Set nilai set point dan ambil data

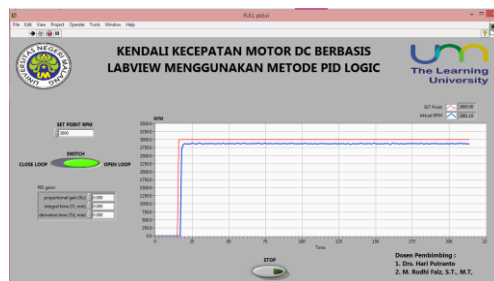
3. Hasil Pengujian Open Loop Tanpa Beban



Gambar 10. Data 1000 RPM

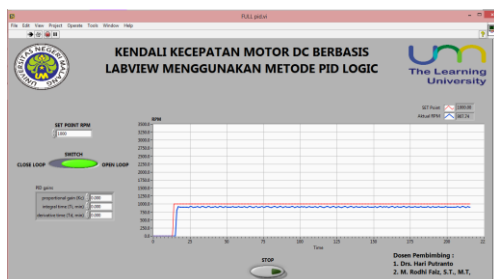


Gambar 11. Data 2000 RPM

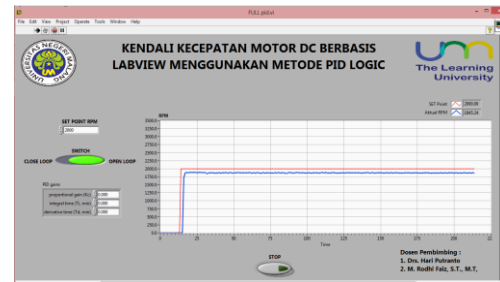


Gambar 12. Data 3000 RPM

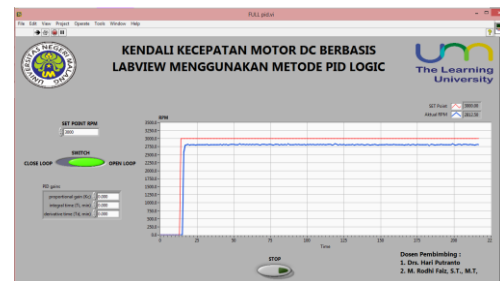
4. Hasil Pengujian Open Loop Berbeban



Gambar 13. Data 1000 RPM

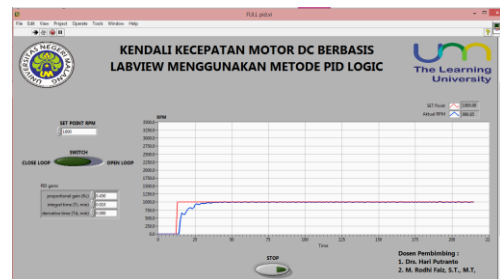


Gambar 14. Data 2000 RPM

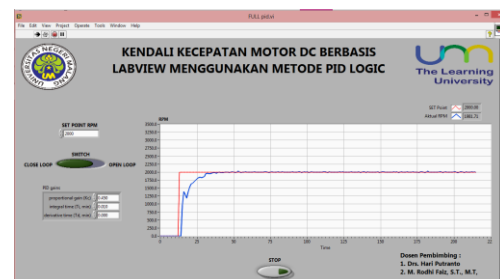


Gambar 15. Data 3000 RPM

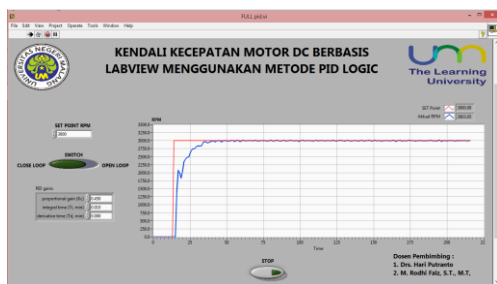
5. Hasil Pengujian Close Loop Tanpa Beban



Gambar 16. Data 1000 RPM

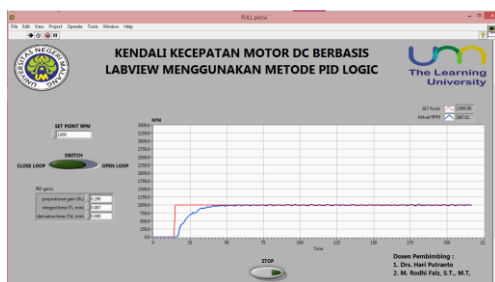


Gambar 17. Data 2000 RPM

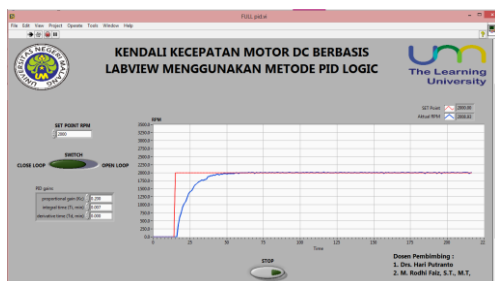


Gambar 18. Data 3000 RPM

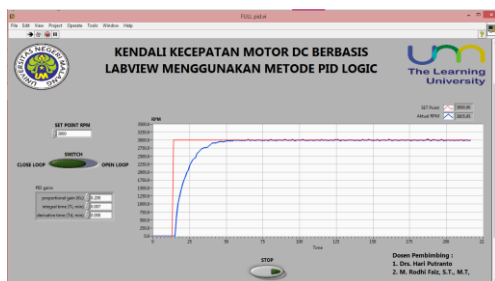
6. Hasil Pengujian Close Loop Berbeban



Gambar 19. Data 1000 RPM



Gambar 20. Data 2000 RPM



Gambar 21. Data 3000 RPM

PEMBAHASAN

Salah satu metode dalam kendali kecepatan motor DC yang paling mudah untuk digunakan adalah dengan mengenda-

likan tegangan input untuk menggerakkan Motor DC. Dalam pengendalian kecepatan motor DC sering kali terjadi error pada kecepatan Motor DC yang tidak sesuai dengan nilai Set Point kecepatan dikarenakan menggunakan metode open loop. Maka dari itu penggunaan metode close loop akan mengurangi error yang terjadi, salah satu jenis metode dalam close loop adalah PID Logic. Metode PID Logic akan memberikan error seminimal mungkin agar nilai Set Point kontrol kecepatan dengan hasil kecepatan motor DC mendekati presisi.

Keseluruhan hardware dan software pada pengujian dapat dikatakan bekerja dengan baik dimana PC dapat mengontrol kecepatan motor DC melalui NI-USB 6008 dengan penguatan dua kali dari OP-AMP non inverting yang mengatur lebar pulsa PWM Analog dan memberi trigger pada Driver Motor DC Half Bridge untuk mengatur kecepatan motor DC. Dengan Rotary Encoder untuk memonitoring kecepatan motor DC berupa tampilan grafik. Grafik akan menunjukkan perbandingan antara Set Point dengan aktual RPM.

Hasil dari pengujian diperoleh perbandingan open loop dengan close loop. Pada metode open loop dapat diketahui aktual RPM mempunyai error besar dengan nilai Set Poin sedangkan close loop actual RPM mempunyai error kecil dengan nilai Set Point. Dengan demikian metode close loop lebih baik dibandingkan metode open loop.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, disimpulkan sebagai berikut:

1. Trainer Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis LabView Menggunakan Metode PID Logic dirancang dengan cara menentukan spesifikasi komponen-komponen yang sesuai dengan alat yang akan dikendalikan serta fitur mo-

monitoring kecepatan ini dapat dijadikan media pembelajaran bagi mahasiswa teknik elektro.

2. Untuk proses perakitan alat, hal yang perlu diperhatikan diantaranya sebagai berikut: (a) Pembuatan komponen *hardware*; (b) Pembuatan program; (c) pembuatan sensor kecepatan; (d) pengkabelan pada plant untuk Trainer Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis LabView Menggunakan Metode PID Logic.
3. Pengujian dilakukan pada tiap titik yang telah ditentukan. Hasil pengujian prototipe ini meliputi: (a) Pengujian rangkaian op-amp non inverting; (b) pengujian rangkaian PWM Analog; (c) Pengujian driver kedali kecepatan motor DC; (d) Pengujian rangkaian rotary encoder; (e) Pengujian program Labview pada Trainer Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis LabView Menggunakan Metode PID Logic open loop dan close loop
4. Dari hasil uji coba dapat diketahui pengujian open loop aktual RPM tidak sama dengan nilai Set Point sedangkan menggunakan close loop actual RPM hampir senilai dengan nilai Set Point.

DAFTAR RUJUKAN

Adi, Agung Nugroho. 210. *Mekatronika*. Yogyakarta: Graha Ilmu

Bolton, W. *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*. Terjemahan Astranto, Soni S.Si. 2006. Jakarta: Erlangga

Hakim, Erman Azizul. 2012. *Sistem Kontrol*. Malang: UMM Press

LabView *PID Control Toolkit User Manual*. 2008. Texas: National Instrument

Pauliza, Osa. 2003. *Fisika*. Bandung: Grafindo Media Pratama

Pinem, Andreas. 2008. *Pengaturan Kecepatan Motor DC Penguatan Sh-unt dengan Integral Siklus Kontrol*. Tugas Akhir tidak diterbitkan. Medan: Fakultas Teknik USU

Prasetyo, Deny Imron. 2012. *Trainer Plc (Programmable Logic Controller) Sistem Kontrol Pengemasan Kaleng*, Malang: Universitas Negeri Malang

Renreng, Ilyas. 2012. *Rancang Bangun Dongkrak Elektrik Kapasitas 1 Ton*. Makasar: Fakultas Teknik UNHAS

Rijono, Drs. Yon. 2004. *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi

Sigit, Riyanto. 2007. *Robotika, Sensor, & Akurator*. Yogyakarta: Graha Ilmu

Steyaert, Michiel, Roermund, Arthur van, & Baschiroto, Andrea. (Eds.). 2012. *Analog Circuit Design*. New York: Springer

Sun, Jian. 2012. *Dynamics and Control of Switched Electronic System*. New York: Springer

Suryani, Erma. 2006. *Pemodelan dan Simulasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu

Yahya, Sofian. 2009. *Kendali Putaran Motor DC dengan PWM*. Bandung: Fakultas Teknik POLBAN

USB-6008/6009 *User Guide and Specifications*. 2012. Texas: National Instrument (<http://ni.com>) LabView (online), Malang: Diakses tanggal 8 Maret 2015